



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 44 28 347 A 1**

⑤① Int. Cl. 6:  
**G 01 P 3/42**  
B 60 K 28/16  
B 60 T 8/32

②① Aktenzeichen: P 44 28 347.4  
②② Anmeldetag: 10. 8. 94  
②③ Offenlegungstag: 15. 2. 96

DE 44 28 347 A 1

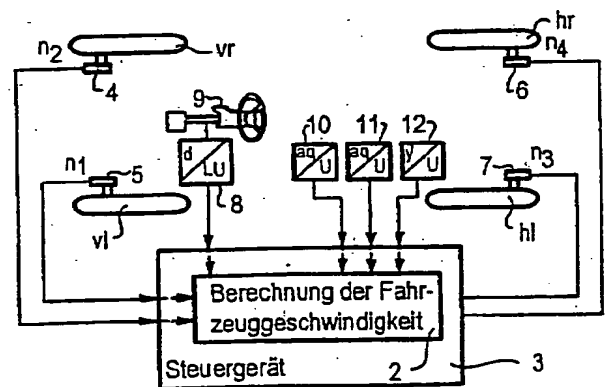
⑦① Anmelder:  
Siemens AG, 80333 München, DE

⑦② Erfinder:  
Probst, Gregor, Dipl.-Ing. (TU), 84030 Landshut, DE;  
Zink, Stephan, 76571 Gaggenau, DE; Daiß, Armin,  
Dipl.-Ing. (TU), 76185 Karlsruhe, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Schaltungsanordnung zum Ermitteln der Geschwindigkeit eines Kraftfahrzeugs

⑤⑦ In einem Steuergerät (3) werden die Signale von Raddrehzahlensensoren (4 bis 7) und ggf. von einem Längsbeschleunigungssensor (11) ausgewertet und die Radgeschwindigkeiten berechnet, die dann, wenn kein Schlupf zwischen Fahrbahn und Reifen auftritt, der Fahrzeuggeschwindigkeit entsprechen. Das Steuergerät (3) enthält ein Fuzzy-System, dem als Eingangsgrößen relative Differenzwerte der Radgeschwindigkeiten eingegeben werden und durch die Gewichtsfaktoren für die einzelnen Radgeschwindigkeiten berechnet werden. Durch das Steuergerät wird die Geschwindigkeit des Kraftfahrzeugs als gewichteter Mittelwert der vier Radgeschwindigkeiten ermittelt.



DE 44 28 347 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung nach dem Oberbegriff von Anspruch 1 und ein Verfahren nach dem Oberbegriff von Anspruch 6.

5 Derartige Schaltungsanordnungen und Verfahren dienen zum Ermitteln der Längsgeschwindigkeit eines Kraftfahrzeugs, die unter anderem dazu dient, den zwischen der Fahrbahn und den Rädern auftretenden Schlupf zu ermitteln. Dieser Schlupf wird in Antiblockiersystemen (ABS) und in Antriebsschlupfsteuerungen (ASR) benötigt.

Bei einem bekannten Verfahren wird die durch Radsensoren ermittelte Raddrehgeschwindigkeit rechnerisch korrigiert, indem Differenzen, Mittelwerte und Korrekturfaktoren gebildet werden (EP-B 0391 943). Die Ermittlung erfolgt nach fest vorgegebenen Formeln und kann Einflußgrößen, die nicht exakt rechnerisch erfaßbar sind nicht berücksichtigen. Weitere Möglichkeiten der Auswertung und Korrektur der Signale von Raddrehzahlsensoren sind aus den US-Patentschriften 4 072 364 und 4 184 203 und aus der DE-A 35 43 058 bekannt.

Außerdem ist eine ABS-Steuerung bekannt, bei der eine größere Anzahl von Eingangssignalen und davon abgeleitete Größen aufbereitet und in einer Fuzzy-Inferenzschaltung ein Ausgangssignal erzeugt wird, das den Bremsdruck steuert. Mit herkömmlichen ABS-Steuergeräten gelingt es aber nicht immer, den Radschlupf in dem Bereich zwischen 20 und 40% zu halten, der für die Kraftübertragung zwischen Reifen und Fahrbahn am günstigsten ist. Dies liegt vor allem darin, daß dem Steuergerät nicht immer die momentane Fahrzeuggeschwindigkeit genau bekannt ist.

20 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Schaltungsanordnung zu schaffen, die zu jedem Zeitpunkt einen möglichst genauen Wert der momentanen Fahrzeuggeschwindigkeit liefert.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Schaltungsanordnung nach Anspruch 1 und das Verfahren nach Anspruch 6 gelöst. Zweckmäßige Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen niedergelegt.

25 Ausführungsbeispiele der Erfindung werden im folgenden anhand der Zeichnung erläutert. Es zeigen:  
Fig. 1 ein Kraftfahrzeug mit einer erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung in schematischer Darstellung;  
Fig. 2 ein Schema für die Berechnung einer Geschwindigkeit mit einem Fuzzy-System;  
Fig. 3 ein in dem Schema nach Fig. 2 verwendetes regelbasiertes Fuzzy-System;  
Fig. 4 eine grafische Darstellung der Definition der linguistischen Terme einer linguistischen Variable, die in  
30 dem Fuzzy-System nach Fig. 3 verwendet werden;  
Fig. 5 eine grafische Darstellung der Definition der linguistischen Terme einer anderen linguistischen Variable;

Fig. 6 ein regelbasiertes Fuzzy-System mit einem zusätzlichen Beschleunigungssensor, und  
Fig. 7 ein Ablaufdiagramm eines in der Schaltungsanordnung nach Fig. 1 abgearbeiteten Programms.  
35 Ein Kraftfahrzeug 1 (Fig. 1) enthält eine Schaltungsanordnung 2 zum Ermitteln seiner Längsgeschwindigkeit. Die Schaltungsanordnung 2 ist Bestandteil eines elektronischen Steuergeräts 3, das z. B. ein ABS-, ein ASR- oder ein FSR (Fahrstabilitätsregelungs)-Steuergerät ist, in dem die ermittelte Geschwindigkeit zu Steuer- und Regelungszwecken verwendet wird. Vier Raddrehzahlsensoren 4, 5, 6 und 7 messen die Drehzahlen oder Winkelgeschwindigkeiten der vier Räder — vorderes rechtes Rad  $v_r$ , vorderes linkes Rad  $v_l$ , hinteres rechtes Rad  $h_r$  und hinteres linkes Rad  $h_l$  — des Kraftfahrzeugs und senden entsprechende Drehzahlensignale an das Steuergerät 3 und die  
40 Schaltungsanordnung 2.

Weitere Sensoren, die mit dem Steuergerät 3 und der Schaltungsanordnung 2 verbunden sein können, sind: ein Lenkwinkelsensor 8, der mit der Lenksäule 9 verbunden ist und den Lenkwinkel mißt, ein Querschleunigungssensor 10, ein Längsbeschleunigungssensor 11 und ein Giergeschwindigkeitssensor 12.

45 Die Raddrehzahlsensoren 4 bis 7 liefern Winkelgeschwindigkeiten  $\omega_i$ , aus denen durch Multiplikation mit dem Reifenradius  $r$  (z. B.  $r = 30,8$  cm) die zugehörigen translatorischen oder Umfangsgeschwindigkeiten  $v_i$  berechnet werden:

$$v_i = r \cdot \omega_i \quad (\text{Gl. 1})$$

50 Dabei nimmt der Index  $i$  die Werte  $v_r$ ,  $v_l$ ,  $h_l$  und  $h_r$  für die erwähnten vier Fahrzeugräder an.

Aus Fig. 2 ist das Schema eines Berechnungs- oder Schätzalgorithmus ersichtlich, mit dem die gewünschte Fahrzeuglängsgeschwindigkeit  $v_{fuz}$  ermittelt wird. Es enthält ein regelbasiertes Fuzzy-System (auch als Fuzzy-Logikschaltung bezeichnet) 14, einen Mittelwertbildner 15 und ein in einem Rückkopplungszweig 17 von dem  
55 Ausgang des Mittelwertbildners 15 zu dem Eingang des Fuzzy-Systems 14 liegendes Zeitglied 16. Den Eingängen des Fuzzy-Systems 14 werden die von den Raddrehzahlsensoren gelieferten Radgeschwindigkeiten und — über den Rückkopplungszweig 17 — der für den vorhergehenden Abtastzeitpunkt ermittelte oder geschätzte Wert der Fahrzeuggeschwindigkeit zugeführt. Aufgrund dieser Eingangsgrößen entscheidet das Fuzzy-System 14, welche der Radgeschwindigkeiten einen plausiblen Schätzwert für die aktuelle Fahrzeuggeschwindigkeit liefert und sie berechnet daraus Gewichtungsfaktoren  $k_i$  für jedes der Raddrehzahlwerte oder -sensordaten. Mit diesen Gewichtungsfaktoren wird durch den Mittelwertbildner 15 die gesuchte Fahrzeuggeschwindigkeit  
60  $v_{fuz}$  als gewichteter Mittelwert der Radgeschwindigkeiten nachfolgender Beziehung berechnet:

$$65 \quad v_{fuz} = \frac{\sum k_i \cdot v_i}{\sum k_i} \quad (\text{Gl. 2})$$

Stellt das Fuzzy-System 14 fest, daß keine der Radgeschwindigkeiten einen zuverlässigen Schätzwert der Fahrzeuggeschwindigkeit liefern, kann es in besonderen Fällen vorkommen, daß alle Radgewichtungsfaktoren gleich null gesetzt werden. In diesem Fall kann die Fahrzeuggeschwindigkeit mit Hilfe eines Beschleunigungssensors ermittelt werden (vgl. Beschreibung zu Fig. 6). Um aber bei der vorliegenden Berechnung eine Division durch null zu vermeiden, wird vorweg abgefragt, ob die Summe aller Radgewichte gleich null ist und ggf. eine Ersatzlösung berechnet. Im Falle einer Beschleunigung basiert diese Lösung auf der maximalen Geschwindigkeit der nicht angetriebenen Räder, im Falle einer Bremsung auf der maximalen Geschwindigkeit aller vier Räder.

Um die aktuellen Meßwerte der Radgeschwindigkeiten durch das Fuzzy-System 14 zu bewerten, werden als Eingangsgrößen relative Differenzen gebildet, d. h. für jedes Rad wird der aktuelle Meßwert mit der zum vorhergehenden Abtastschritt ermittelten Fahrzeuggeschwindigkeit verglichen und auf diese bezogen:

$$\text{delta\_}v_i(k) = \frac{v_i(k) - v_{fz}(k-1)}{v_{fz}(k-1)} \cdot 100\% \quad (\text{Gl. 3})$$

Da die Werte  $\text{delta\_}v_i$  die prozentuale Änderung der momentanen Raddrehzahlen in Bezug auf die Fahrzeuggeschwindigkeit des vorangegangenen Abtastzeitpunktes beschreiben, stellen sie eine der Beschleunigung verwandte Größe dar. Ihre Größenordnung kann wie folgt abgeschätzt werden:

Beschleunigung  $a \approx 1g = 9,81 \text{ m/s}^2$   
Abtastzeit  $\Delta T = 16 \text{ ms}$

$$\Rightarrow v_i(k) - v_{fz}(k-1) = a \cdot \Delta T \approx 0,16 \text{ m/s}$$

$$\Rightarrow \text{delta\_}v_i(k) \approx \frac{0,16 \text{ m/s}}{v_{fz}(k-1)} \cdot 100\%$$

$$\Rightarrow \text{Für } v_{fz} \in [2 \text{ m/s}, 20 \text{ m/s}] \text{ ist } \text{delta\_}v_i \in [8\%, 0,8\%].$$

Anhand der Eingangsgrößen  $\text{delta\_}v_i$  werden in einer Regelbasis 18 des Fuzzy-Systems 14 (Fig. 3) die einzelnen Radgeschwindigkeiten bewertet und die entsprechenden Gewichtungsfaktoren  $k_i$  gebildet.

Die Definition von linguistischen Termen zur Charakterisierung der Eingangsgrößen  $\text{delta\_}v_i$  und der Ausgangsgrößen  $k_i$  des Fuzzy-Systems 14 wird an dem Beispiel der linguistischen Variablen  $\text{delta\_}v_{v1}$  und  $k_{v1}$  erläutert (Fig. 4 und Fig. 5). Die Definition der restlichen Eingangs- und Ausgangsgrößen erfolgt analog.

Die linguistische Variable " $\text{delta\_}v_{v1}$ " wird durch die vier linguistischen Terme "negativ", "null", "positiv" und "stark\_positiv" charakterisiert, die wiederum durch die entsprechenden Zugehörigkeitsfunktionen  $\mu_{\text{negativ}}$ ,  $\mu_{\text{null}}$ ,  $\mu_{\text{positiv}}$  und  $\mu_{\text{stark\_positiv}}$  beschrieben werden. Die Definition der Zugehörigkeitsfunktionen erfolgt durch die Angabe der Mengen der  $(x/\mu(x))$ -Wertepaare der Eckpunkte:

$$\begin{aligned} M_{\text{negativ}} &= \{(-10/1), (-0,5/1), (0/0)\} \\ M_{\text{null}} &= \{(-0,5/0), (0/1), (-0,5/0)\} \\ M_{\text{positiv}} &= \{(0/0), (+0,5/1), (3/1)\}, (5/0) \\ M_{\text{stark\_positiv}} &= \{(3/0), (5/1), (10/1)\}. \end{aligned}$$

Die linguistische Variable  $k_{v1}$  wird durch die drei linguistischen Terme "minimal", "mittel" und "maximal" charakterisiert, die jeweils durch ihre Zugehörigkeitsfunktion beschrieben werden.

$$\begin{aligned} M_{\text{minimal}} &= \{(-25/0), (0/1), (25/0)\} \\ M_{\text{mittel}} &= \{(0/0), (25/1), (50/0)\} \\ M_{\text{maximal}} &= \{(25/0), (50/1), (75/0)\}. \end{aligned}$$

Die Regelbasis 18 des Fuzzy-Systems 14 wird folgendermaßen definiert:  
Mit vier Eingangsgrößen, die jeweils vier Werte annehmen können, lassen sich maximal 64 verschiedene Regelprämissen formulieren. Es hat sich aber gezeigt, daß vierzehn Regeln ausreichen, um die unterschiedlichen Fahrsituationen zu erkennen und die Gewichtungsfaktoren richtig zu ermitteln.

Regel 1: WENN  $\text{delta\_}v_{v1} = \text{stark\_positiv}$  DANN  $k_{v1} = \text{minimal}$

" $\text{delta\_}v_{v1} = \text{stark\_positiv}$ " bedeutet, daß die aktuelle Vorderraddrehzahl sehr viel größer ist, als die zuletzt geschätzte Fahrzeuggeschwindigkeit. Dies kann eigentlich bei den nicht angetriebenen Vorderrädern nur ein

Meßfehler sein.  
Fuzzy-Regeln:

5 Regel 2: WENN  $\Delta v_{v1} = \text{stark\_positiv}$   
UND  $\Delta v_{h1} = \text{stark\_positiv}$  DANN  $k_{v1} = \text{maximal}$   
 $k_{h1} = \text{minimal}$   
10  $k_{hr} = \text{minimal}$

Bei Beschleunigungen aus geringer Geschwindigkeit  
15 ist aber ' $\Delta v_{v1} = \text{stark\_positiv}$ ' doch möglich.  
Deshalb wird mit  $\Delta v_{h1}$  verglichen.

20 Regel 3: WENN  $\Delta v_{vr} = \text{stark\_positiv}$  DANN  $k_{vr} = \text{minimal}$   
siehe Regel 1.

25 Regel 4: WENN  $\Delta v_{vr} = \text{stark\_positiv}$   
UND  $\Delta v_{h1} = \text{stark\_positiv}$  DANN  $k_{vr} = \text{maximal}$   
30  $k_{h1} = \text{minimal}$   
 $k_{hr} = \text{minimal}$   
siehe Regel 2.

35 Regel 5: WENN  $\Delta v_{v1} = \text{positiv}$  DANN  $k_{v1} = \text{maximal}$   
 $k_{h1} = \text{minimal}$   
40  $k_{hr} = \text{minimal}$   
Ist die aktuelle Vorderraddrehzahl größer als die  
zuletzt geschätzte Fahrzeuggeschwindigkeit, be-  
45 schleunigt das Fahrzeug und die Fahrzeuggeschwindig-  
keit wird über die Vorderräder geschätzt.

50 Regel 6: WENN  $\Delta v_{vr} = \text{positiv}$  DANN  $k_{vr} = \text{maximal}$   
 $k_{h1} = \text{minimal}$   
 $k_{hr} = \text{minimal}$   
55 siehe Regel 5.

Regel 7: WENN  $\Delta v_{v1} = \text{null}$  DANN  $k_{v1} = \text{mittel}$   
60 gleichmäßige Fahrt.

Regel 8: WENN  $\Delta v_{vr} = \text{null}$  DANN  $k_{vr} = \text{mittel}$   
65 gleichmäßige Fahrt.

Regel 9: WENN  $\Delta v_{v1} = \text{negativ}$  DANN  $k_{v1} = \text{minimal}$

' $\Delta v_{v1} = \text{negativ}$ ' bedeutet, daß die aktuelle Vorderraddrehzahl kleiner ist, als die zuletzt geschätzte Fahrzeuggeschwindigkeit. In diesem Fall muß das Rad minimal gewichtet werden, da bei einer Bremsung auf jeden Fall ein Bremsschlupf auftritt und die Fahrzeuggeschwindigkeit somit zu klein geschätzt würde.

Regel 10: WENN  $\Delta v_{vr} = \text{negativ}$  DANN  $k_{vr} = \text{minimal}$   
siehe Regel 9.

Regel 11: WENN  $\Delta v_{h1} = \text{null}$  DANN  $k_{h1} = \text{mittel}$   
gleichmäßige Fahrt.

Regel 12: WENN  $\Delta v_{hr} = \text{null}$  DANN  $k_{hr} = \text{mittel}$   
gleichmäßige Fahrt.

Regel 13: WENN  $\Delta v_{h1} \neq \text{null}$  DANN  $k_{h1} = \text{minimal}$

Ist die aktuelle Hinterraddrehzahl wesentlich von der zuletzt geschätzten Fahrzeuggeschwindigkeit verschieden, wird das Hinterrad minimal gewichtet, da an den angetriebenen Hinterrädern sowohl bei Beschleunigungen als auch bei Bremsungen Schlupf auftritt und die Fahrzeuggeschwindigkeit somit entweder zu groß oder zu klein geschätzt würde.

Regel 14: WENN  $\Delta v_{hr} \neq \text{null}$  DANN  $k_{hr} = \text{minimal}$   
siehe Regel 13.

Da die Regeln für Vorder- und Hinterräder symmetrisch aufgebaut sind, genügt es, für jeweils ein Vorder- bzw. Hinterrad zu überprüfen, ob für jede denkbare Situation am Eingang die Ausgänge einen definierten Wert annehmen.

## Linkes Vorderrad

	$\Delta_{v_l}$	aktive Regeln
5	stark positiv	Regel 1 falls gleichzeitig $\Delta_{v_{hl}} =$ stark positiv: Regel 2
	positiv	Regel 5
10	null	Regel 7
	negativ	Regel 9

## Rechtes Hinterrad

15	$\Delta_{v_{hr}}$	aktive Regeln
	stark positiv	Regel 14
	positiv	Regel 14
20	null	Regel 12
	negativ	Regel 14

Steht zusätzlich zu den Raddrehzahlsensoren 4 bis 7 ein Längsbeschleunigungssensor (11 in Fig. 1) zur Verfügung, mit dem die Beschleunigung in Fahrzeuginnenrichtung  $a$  gemessen werden kann, so kann aus diesem Signal nicht direkt ein Schätzwert für die Fahrzeuggeschwindigkeit gewonnen werden. Man muß den Meßwert zuerst um einen durch die Geländesteigung verursachten Fehler  $a_g$  korrigieren.

$$a_g = g \cdot \sin \alpha \quad (\text{Gl. 4})$$

worin  $g$  die Erdbeschleunigung und  $\alpha$  der Steigungswinkel der Fahrbahn sind, um dann durch Integration einen Schätzwert  $v_a$  zu erhalten.

Das Fuzzy-Berechnungsschema entspricht hier weitgehend dem von Fig. 2 — es ist deshalb nicht erneut dargestellt — wobei als Eingangsgrößen zusätzlich zu den vier Radgeschwindigkeiten  $v_i$  das korrigierte Beschleunigungsintegral  $v_a$  in das Fuzzy-System eingegeben werden. Entsprechend wird ein zusätzlicher Gewichtungsfaktor  $k_a$  für die Beschleunigung berechnet. Die Fahrzeuggeschwindigkeit  $v_{fuz}$  wird dann auch hier wie anhand von Fig. 2 beschrieben durch den Mittelwertbildner 15 als gewichtetes Mittel der Eingangsgrößen berechnet.

Zur Bewertung der Meßgrößen durch das Fuzzy-System 14 werden für die vier Räder Werte  $\Delta_{v_i}$  wie beschrieben berechnet, für den Beschleunigungssensor wird zusätzlich eine relative Differenz definiert

$$\Delta_{v_a} = \frac{v_a(k) - v_a(k-1)}{v_a(k-1)} \cdot 100\% \quad (\text{Gl. 5})$$

Durch den Beschleunigungssensor wird die Ermittlung der Fahrzeuggeschwindigkeit durch das regelbasierte Fuzzy-System im Bereich von Bremsvorgängen verbessert. Da in diesem Bereich keine der Raddrehzahlen einen plausiblen Schätzwert der Fahrzeuggeschwindigkeit liefert, wurden die Gewichtungsfaktoren der Räder bislang meist zu null gesetzt. Es wird hier nun das regelbasierte Fuzzy-System um eine zweite Regelbasis erweitert, die den Gewichtungsfaktor  $k_a$  des Beschleunigungssensors aus den Gewichtungsfaktoren der Räder und dem Wert  $\Delta_{v_a}$  bestimmt. Um eventuelle Meßfehler der Radsensoren zu erkennen, wird der Wert  $\Delta_{v_a}$  als zusätzliche Eingangsgröße der Regelbasis 1 auch zur Bestimmung der Radgewichtungsfaktoren verwendet (Fig. 6).

Die Definition der linguistischen Terme zur Charakterisierung der linguistischen Variablen  $\Delta_{v_l}$ ,  $\Delta_{v_r}$ ,  $\Delta_{v_{hl}}$ ,  $\Delta_{v_{hr}}$ ,  $\Delta_{v_a}$  sowie der linguistischen Variablen  $k_{v_l}$ ,  $k_{v_r}$ ,  $k_{h_l}$ ,  $k_{h_r}$  und  $k_a$  erfolgt analog zu der vorstehend beschriebenen Definition der Werte  $\Delta_{v_l}$  und  $k_{v_l}$ .

Eine erste Regelbasis 1 enthält die bereits aufgeführten Regeln und einige weitere Regeln, die die zusätzlichen Werte  $v_a$  und  $\Delta_{v_a}$  berücksichtigen. Es werden hier als Beispiele folgende Regeln aufgeführt

Regel 2: WENN  $\Delta_{v_{v_l}} = \text{stark\_positiv}$   
 UND  $\Delta_{v_{h_l}} = \text{stark\_positiv}$   
 UND  $\Delta_{v_a} = \text{stark\_positiv}$  DANN  $k_{v_l} = \text{maximal}$   
 $k_{h_l} = \text{minimal}$   
 $k_{h_r} = \text{minimal}$

Regel 9: WENN  $\Delta v_{v1}$  = positiv  
 UND  $\Delta v_a$  = stark\_positiv DANN  $k_{v1}$  = mittel  
 $k_{h1}$  = minimal  
 $k_{hr}$  = minimal.

Da die Regeln für Vorder- und Hinterräder wiederum symmetrisch aufgebaut sind, genügt es, für jeweils ein Vorder- und ein Hinterrad zu überprüfen, ob für jede denkbare Situation am Eingang die Ausgangsgrößen einen definierten Wert annehmen.

Der vorstehend beschriebenen Methoden zur Berechnung der Fahrzeuggeschwindigkeit wurden für die praktische Erprobung in einem Fahrzeug-Steuergerät entwickelt. Der in dem Fahrzeug zur Verfügung stehende 8051 Mikroprozessor ist ein 8-Bit-Prozessor mit nur begrenzter Rechen- und Speicherkapazität. Daher spielte bei der Auswahl des Inferenzschemas die Größe des von einem im Handel erhältlichen Fuzzy-C Compilers (TIL-Shell) erzeugten C-Codes eine wesentliche Rolle. Beim einem Inferenzschema nach der bekannten MAX-MIN-Methode werden die Zugehörigkeitsfunktionen als Arrays definiert, in denen für alle möglichen Werte der Eingangsgrößen die entsprechenden Werte der Zugehörigkeitsfunktionen abgelegt sind. Bei Verwendung der ebenfalls bekannten MAX-PROD-Inferenz werden die Zugehörigkeitsfunktionen lediglich durch die Angabe ihrer Eckpunkte definiert, z. B. bei einer trapezförmigen Zugehörigkeitsfunktion durch vier  $(x/\mu(x))$  Wertepaare. Wegen diesem geringeren Bedarf an Speicherplatz wird hier die MAX-PROD-Inferenz verwendet. Zur Defuzzifizierung wird das ebenfalls bekannte Flächenschwerpunktsverfahren verwendet.

Die beschriebene Berechnung der Fahrzeuggeschwindigkeit in der Schaltungsanordnung 2 erfolgt mit einem Unterprogramm eines in dem Steuergerät 3 ablaufenden Hauptprogramms — zum Beispiel eine ABS-Steuerprogramms —, und es wird von diesem Hauptprogramm nach dessen Initialisierungsphase als sogenannte Task aufgerufen. Es läuft wie folgt ab (Fig. 7):

Nach dem Start werden in einem Schritt S1 die Signale (z. B. die vier Raddrehzahlen, die Längsbeschleunigung, der Gierwinkel, usw.) gemessen und aufbereitet (z. B. Filterung der Raddrehzahlen, Längsbeschleunigung, Gierwinkel, usw.).

In einem Schritt S2 werden die Fuzzy-Input-Daten aus den aufbereiteten Eingangssignalen ( $\Delta v_{v1}$  ...) berechnet und die Fahrzeuggeschwindigkeit aus der Beschleunigung unter Beachtung des Fahrzeugzustandes durch Integrieren berechnet.

In einem Schritt S3 wird die Fuzzy-Regelbasis abgearbeitet. Dazu werden die Eingangssignale fuzzifiziert (d. h. eine physikalische Zustandsvariable auf eine linguistische Zustandsvariable abgebildet), die Fuzzy-Regeln abgearbeitet und die Ausgangssignale aus der Regelbasis defuzzifiziert (d. h. eine linguistische Zustandsvariable auf eine physikalische Variable abgebildet).

Mit "Ende" ist das Unterprogramm beendet.

#### Patentansprüche

1. Schaltungsanordnung zum Ermitteln der Geschwindigkeit eines Kraftfahrzeugs (1), die Raddrehzahlensensoren (4 bis 7) und ein Steuergerät (3) aufweist, in dem die Signale der Raddrehzahlensensoren ausgewertet, Mittelwerte gebildet und die Radgeschwindigkeiten berechnet werden, dadurch gekennzeichnet,
  - daß das Steuergerät ein Fuzzy-System (14) enthält, dem als Eingangsgrößen relative Differenzwerte der Radgeschwindigkeiten eingegeben werden und in der Gewichtsfaktoren ( $k_i$ ) für die einzelnen Radgeschwindigkeiten ( $v_i$ ) berechnet werden, und
  - daß durch das Steuergerät die Geschwindigkeit ( $v_{fuz}$ ) des Kraftfahrzeugs (1) als gewichteter Mittelwert der vier Radgeschwindigkeiten berechnet wird.
2. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Geschwindigkeit des Kraftfahrzeugs (1) nach folgender Formel berechnet wird:

$$v_{fuz} = \frac{\sum k_i * v_i}{\sum k_i}$$

worin

$v_{fuz}$  die zu ermittelnde Geschwindigkeit,  
 $k_i$  die Gewichtsfaktoren für die Radgeschwindigkeiten und  
 $v_i$  die einzelnen Radgeschwindigkeiten sind.

3. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die relativen Differenzwerte ( $\Delta v_i(k)$ ) der Radgeschwindigkeiten gegenüber der zu einem vorherigen Abtastzeitpunkt ermittelten Geschwindigkeit ( $v_{fuz}(k-1)$ ) wie folgt gebildet werden

$$\text{delta\_}v_i(k) = \frac{v_i(k) - v_{fz}(k-1)}{v_{fz}(k-1)} * 100\% .$$

5

4. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als weitere Eingangsgröße des Fuzzy-Systems die relative Differenz (delta\_v<sub>2</sub>) des von einem Beschleunigungssensor gelieferten Signals gegenüber dem zu dem vorherigen Abtastzeitpunkt ermittelten Wert eingegeben wird.

10

5. Verfahren zum Ermitteln der Geschwindigkeit eines Kraftfahrzeugs durch Auswerten der Signale von Raddrehzahlsensoren, dadurch gekennzeichnet, daß relative Differenzwerte der Radgeschwindigkeiten gegenüber der zu einem vorherigen Abtastzeitpunkt ermittelten Geschwindigkeit als Eingangsgrößen in ein Fuzzy-System eingegeben und in diesem Gewichtungsfaktoren für die einzelnen Radgeschwindigkeiten berechnet werden, und daß durch das Steuergerät die Geschwindigkeit als gewichteter Mittelwert der vier Radgeschwindigkeiten berechnet wird.

15

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die relative Differenz des von einem Beschleunigungssensor gelieferten Signals gegenüber dem zu dem vorherigen Abtastzeitpunkt ermittelten Wert als weitere Eingangsgröße in das Fuzzy-System eingegeben wird.

20

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

25

30

35

40

45

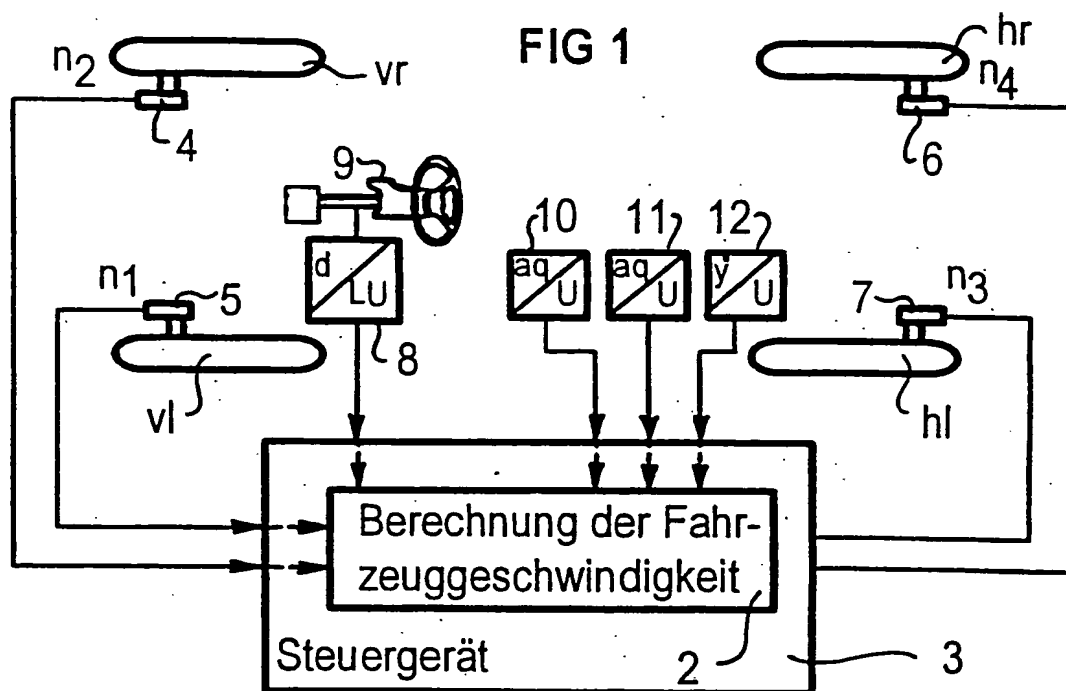
50

55

60

65





**FIG 7**

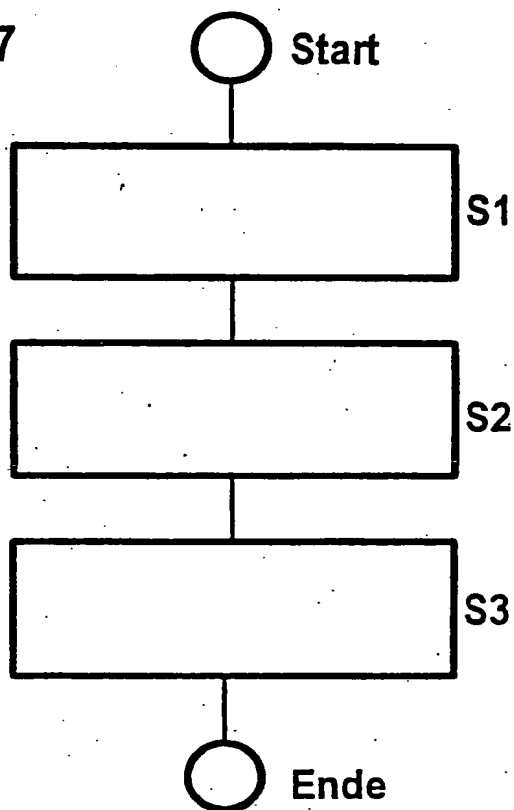


FIG 2

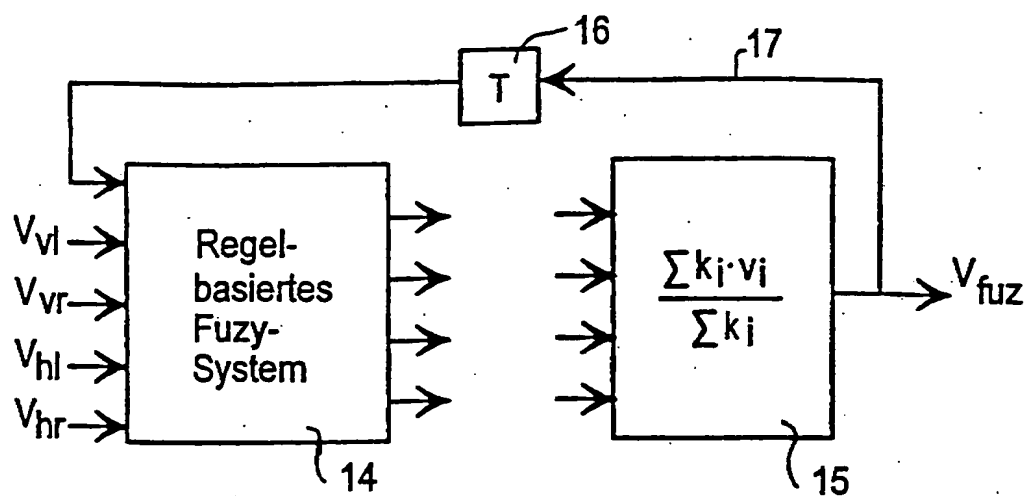


FIG 3

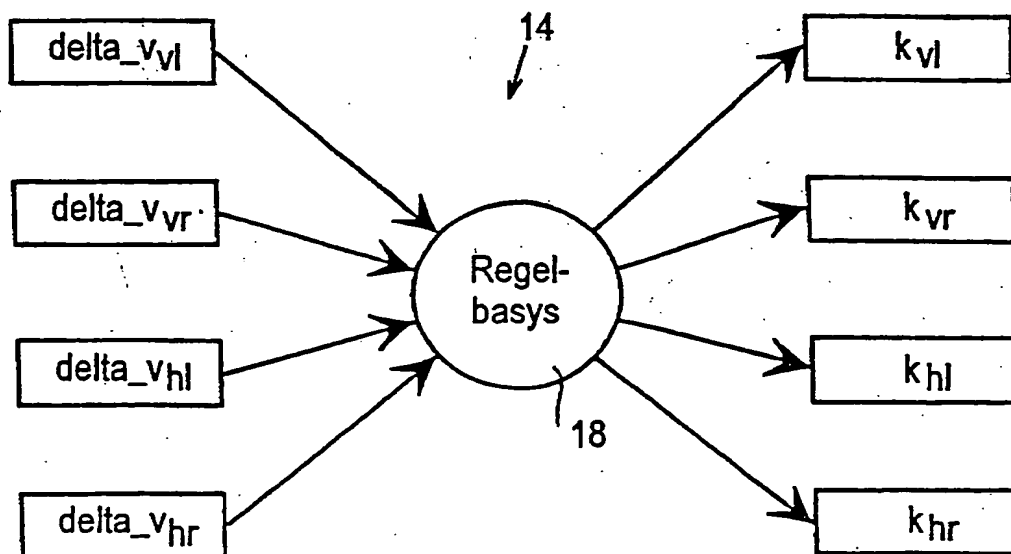


FIG 4

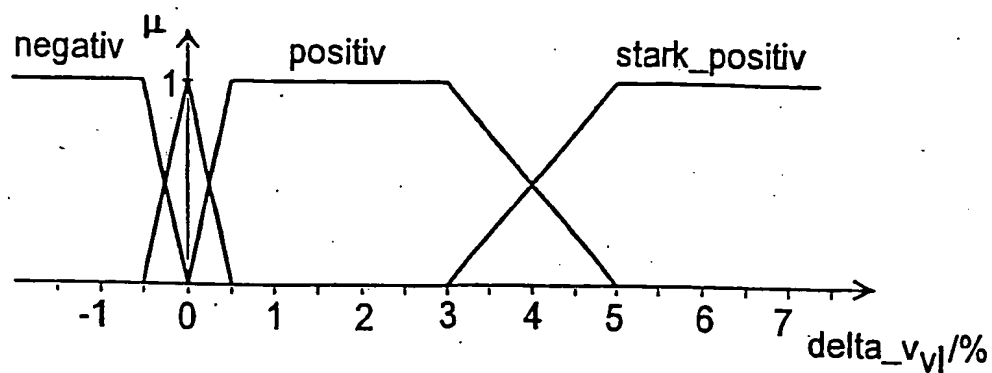


FIG 5

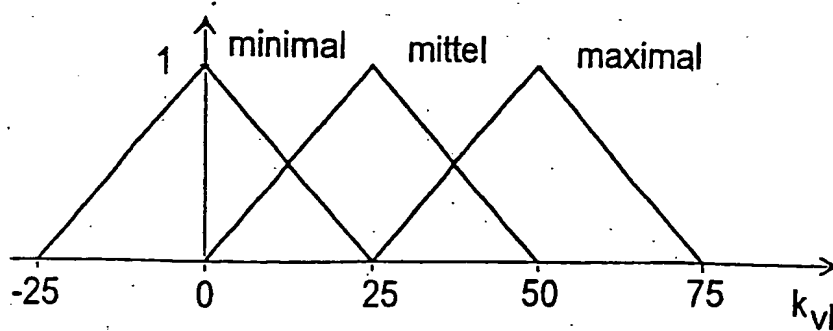


FIG 6

